Vol.12, No.3, Fall 2023, pp.193-215 ISSN (Print):2322-1682 ISSN (Online):2383-3076

Journal of Geography and Environmental Hazards

RESEARCH ARTICLE DOI: 10.22067/geoeh.2022.77009.1239 Open access

Landslide Hazard Zoning Using Hierarchical Analysis Process (AHP) Model and GIS Technology (Case Study: Baghmalek County)

Morteza Lajmorak[a*], Zahra Piri[b]

[a] *MA in Geomorphology, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran*
[b] *MA in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran*

Received: 4 October 2022 Revised: 3 December 2022 Accepted: 21 December 2022

Abstract

Landslide phenomenon is a kind of danger in mountainous areas, which has always caused a lot of damages in Iran. Therefore, identifying areas that are prone to landslides can prevent the occurrence of this phenomenon and save human life and property. The purpose of this research was to prioritize the effective components in the occurrence of landslides and zoning the risk of its occurrence in Bagh Malek county. For zoning the risk of landslides, 9 factors were considered, including: slope, geology, water drainage network, height, rainfall, land use, fault, slope direction and road. The method used in landslide zoning is AHP. Geographic information system (GIS) software was also used to combine the layers. In the Hierarchical Analysis Process (AHP) method, the weight of each of the nine factors was calculated and applied to the desired layers according to the importance of each of them in the occurrence of landslides, and by stacking the layers, a landslide risk zoning map was produced. The results showed that the factor of slope, land type and surface water network with the highest rank of 1 to 3, and the road and slope direction with the 8^{th} and 9^{th} rank have the least impact on the occurrence of landslides in this region. Low risk areas have 43.25% and high risk areas have 4.01% of the area. The results showed that most landslides in the region are related to the slope and type of land. The most sensitive parts of the region to landslides are the southwest and parts of the east and west of the region, and the most resistant parts of the region are some parts of the north, northwest, and some parts of the east of the region.

Keywords: Zoning, Landslide, Hierarchical Analysis Process (AHP), GIS, Baghmalek

[*]. Corresponding author: Morteza Lajmorak Email: m.lajmoorak@modares.ac.ar Tel:+989168949488

How to cite this Article: Lajmorak, M., & Piri, Z. (2023). Landslide hazard zoning using Hierarchical Analysis Process (AHP) Model and GIS technology (Case study: Baghmalek County). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *12*(3), 193-215.
DOI: 10.22067/geoeh.2022.77009.1239

Geography and Environmental Hazards
Volume 12, Issue 3 - Number 47, Fall 2023
https://geoeh.um.ac.ir
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.77009.1239

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارۀ چهل و هفتم، پاییز ۱۴۰۲، صص ۲۱۵-۱۹۳

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فن GIS (مطالعۀ موردی: شهرستان باغملک)

مرتضی لجم اورک[1]– کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
زهرا پیری– کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۹/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۹/۳۰

چکیده

پدیدۀ زمین‌لغزش یکی از انواع حرکت‌های دامنه‌ای است که همواره خسارات زیادی را در کشور به وجود آورده است. انتقال بخشی از رسوبات دامنه به سمت پایین آن علاوه بر خسارت‌های مالی، خطرات جانی زیادی را نیز در پی خواهد داشت؛ بنابراین شناسایی مناطقی که مستعد زمین‌لغزش می‌باشند می‌تواند در حد ممکن از وقوع این پدیده جلوگیری کند و باعث حفظ جان و مال انسان‌های در معرض خطر شود. هدف از این پژوهش اولویت‌بندی مؤلفه‌های مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی خطر وقوع آن در سطح شهرستان باغملک است. برای اولویت‌بندی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش ۹ عامل در نظر گرفته‌شده، این عوامل ۹ گانه شامل: شیب، زمین‌شناسی، شبکه زهکش آب، ارتفاع، بارندگی، کاربری اراضی، گسل، جهت شیب و جاده است. روش مورداستفاده در پهنه‌بندی زمین‌لغزش AHP است و برای تلفیق لایه‌ها نیز از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیا استفاده‌شده است. درروش فرایند تحلیل سلسله مراتبی وزن هریک از عوامل ۹ گانه با توجه به اهمیت هر یک از آن‌ها در وقوع زمین‌لغزش در منطقه موردنظر محاسبه‌شده و در لایه‌های موردنظر اعمال می‌شود و با روی‌هم قرارگیری لایه‌ها، نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش

---

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۶۸۹۴۹۴۸۸ Email: m.lajmoorak@modares.ac.ir

نحوه ارجاع به این مقاله:

لجم اورک، مرتضی؛ پیری، زهرا؛ ۱۴۰۲. **پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و فن GIS (مطالعه موردی: شهرستان باغملک)**. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۳)، صص ۲۱۵-۱۹۳
https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.77009.1239

تولید می‌شود. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که عامل شیب، جنس زمین و شبکه آب‌های سطحی با رتبه یک تا سوم بیشترین تأثیر و جاده و جهت شیب با رتبه هشتم و نهم نیز کمترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش در این منطقه داشته است. مناطق با خطر کم ۴۳.۲۵ درصد و مناطقی با خطر زیاد ٤.٠١ درصد از منطقه را داشته‌اند. نتیجه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که بیشترین زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در منطقه در ارتباط با شیب و جنس زمین بوده؛ چراکه این عوامل با دخالت فعالیت‌های شبکه آب‌های سطحی، بارندگی و دیگر عوامل یادشده، باعث سست شدن پیوند بین رسوبات شده و حرکت آن‌ها را موجب می‌شود. حساس‌ترین قسمت‌های منطقه نیز جنوب غرب و قسمت‌هایی از شرق و غرب منطقه بوده و مقاوم‌ترین قسمت منطقه قسمت‌های شمال، شمال غرب و بخش‌هایی از شرق منطقه بوده است.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی، زمین‌لغزش، مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، GIS، باغملک.

۱- مقدمه

زمین‌لغزش‌ها، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی در مناطق کوهستانی و یا سطوح شیب‌دار هستند که به‌واسطهٔ دخالت‌های انسانی و یا عوامل طبیعی به وجود می‌آیند (لن[1] و همکاران، ٢٠٠٤). عوامل مؤثر در ناپایداری دامنه، خاک و سنگ‌ها را با کمک نیروی جاذبه به‌طرف پایین دامنه انتقال داده و زمین‌لغزش را موجب می‌شوند (کرم،١٣٨٠). زمین‌لغزش‌ها علاوه بر خسارت‌های جانی، خسارات مالی فراوانی دارند. عواملی مانند تخریب جاده، پل و اماکن مسکونی ضمن اینکه باعث زیان‌های مالی می‌شود، خود یک نوع تهدید جانی هستند (اِیلوو[2] و یاماگیشی، ٢٠٠٥). پدیده زمین‌لغزش در کشور ایران به‌عنوان یک مخاطره طبیعی همواره هزینه‌های جانی و مالی زیادی را به وجود آورده است. بر اساس یک برآورد اولیه سالانه بیش از ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق زمین‌لغزش‌ها بر کشور تحمیل می‌شود (حق‌شناس، ١٣٧٤). یکی از مکان‌هایی که بیشترین حساسیت را در رابطه با لغزش دارند مناطق مسکونی شهری و روستایی است (الوتیِ[3]، ١٩٩٩). در این مناطق به سبب وجود سازه‌های مهندسی، مناطق مسکونی و صنعتی... رخداد زمین‌لغزش از اهمیت زیادی برخوردار است (صالحی و همکاران، ١٣٩٦). جلوگیری از وقوع زمین‌لغزش‌ها به‌صورت کلی تقریباً امری غیرممکن است؛ زیرا تمامی شرایط توپوگرافیکی و لیتولوژیکی همراه با دیگر پدیده‌های مؤثر طبیعی و انسانی، شرایط را برای وقوع زمین‌لغزش فراهم می‌کند؛ بنابراین شناسایی، اولویت‌بندی و پهنه‌بندی مهم‌ترین عوامل در رخداد زمین‌لغزش‌ها با استفاده از روش‌های دقیق، به متخصصین علاوه بر تشخیص مناطق حساس برای لغزش، در انجام برنامه‌ریزی‌ها و امور عمرانی - توسعه‌ای نیز یاری می‌رساند (اونق، ١٣٨٢). از مهم‌ترین عواملی که باعث به وجود آمدن زمین‌لغزش می‌شوند و یا اینکه شرایط مساعدی را برای وقوع

1 Lan et al, 2004
2 Ayalew & Yamagishi
3 Aloetti

آن فراهم می‌کنند می‌توان به شیب، جهت شیب، جنس زمین، ارتفاع منطقه، بارندگی، شبکه آب‌های سطحی، گسل، راه‌ها و همچنین کاربری اراضی اشاره کرد. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش یکی از راه‌های شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغزش با استفاده از عوامل یادشده است (لی[1] و همکاران، ۲۰۱۹). هدف بیشتر پژوهش‌هایی که در رابطه با حرکات دامنه‌ای و بخصوص پدیده زمین‌لغزش انجام می‌شود، پهنه‌بندی و درنهایت تولید نقشه مناطق حساس به زمین‌لغزش بر اساس داده‌های مربوطه و در ارتباط با عوامل تأثیرگذار بر وقوع این پدیده است (پادوزکو[2]، ۲۰۰۹). درزمینه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش تحقیقات زیادی صورت گرفته که تعدادی از آن‌ها به این شرح است: (رنجبر، ۱۳۹۱) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای در حوضه کرگانرود با استفاده از AHP پرداخته و به این نتیجه رسیده است که سنگ‌شناسی، شیب، جهت شیب و جاده به ترتیب مهم‌ترین عواملی هستند که در ایجاد حرکات دامنه‌ای مؤثر هستند. (حاتمی فر و همکاران، ۱۳۹۱) به بررسی پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از AHP و فن GIS در شهرستان خرم‌آباد پرداخته و به این نتیجه رسیده است که فاصله از جاده، فاصله از آبراهه و تراکم آبراهه بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند. (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰) به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبریز کارون بزرگ با استفاده از روش AHP در سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداخته و نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پرخطرترین سطوح حوضه ازنظر لغزش اغلب در مجاورت مراتع و تپه‌ماهورها بوده و همچنین تغییرات اراضی و توپوگرافیکی و همچنین فعالیت دام‌ها نیز در تشدید این پدیده مؤثر بوده‌اند. (فیض نیا و همکاران،۱۳۸۳) به بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن در حوضه آبریز شیرین رود سد تجن با به‌کارگیری مدل AHP و نرم‌افزار GIS پرداخته و به این نتیجه رسیده است که دو عامل شیب و شبکه هیدروگرافی کمترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند. (جمالی، ۱۳۸۸) در پژوهشی به کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در حوضه آبخیز منشاد یزد پرداخته نتایج نشان می‌دهد که فرایند تحلیل سلسله مراتبی روشی مناسب برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش است. محمدخان (۱۳۸۱) زمین‌لغزش حوضه آبریز طالقان را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[3] پهنه‌بندی نموده و به این نتیجه رسیده است که از بین عوامل تأثیرگذار در وقوع زمین‌لغزش عامل لیتولوژی با توجه به خصوصیات طبیعی منطقه، بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش در این منطقه داشته است. (شادفر و همکاران، ۱۳۸٦) با به‌کارگیری عوامی مانند شیب، جهت دامنه، ارتفاع، گسل، شبکه آب، راه‌های ارتباطی و سنگ‌شناسی حوضه آبریز چالکرود تنکابن و با استفاده از AHP به پهنه‌بندی این منطقه ازنظر وقوع زمین‌لغزش پرداخته و به این نتیجه رسیده است که این روش به دلیل دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل در مقایسه با سایر روش‌های پهنه‌بندی نتیجه

1 Li et al
2 Podvezko
3 Analytical Hierarchy Process

بهتری را ارائه می‌دهد. (یوشیماتسو و آبه،[1] ۲۰۰۶) با استفاده از مدل AHP به پهنه‌بندی و ارزیابی خطر وقوع پدیده زمین‌لغزش در ژاپن پرداخته و درنهلیت روشی را برای پیش‌بینی مناطقی زمین‌لغزش در آن‌ها وجود دارد به وجود آورده است. (یالسین و همکاران،[2] ۲۰۱۱) به ارزیابی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آماری رگرسیون لجستیک، تحلیل سلسله مراتبی و GIS در ترابزون ترکیه پرداخته و به این نتیجه رسیدند که زمین‌شناسی، ارتفاع، فاصله از جاده و تغییر کاربری اراضی مهم‌ترین عوامل وقوع زمین‌لغزش در منطقه هستند. (الجزولی[3] و همکاران، ۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی حساسیت زمین‌لغزش در مراکش با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی پرداخته است و به این نتیجه رسیده که مناطقی که دارای حساسیت بسیار زیادی ازنظر زمین‌لغزش هستند در داخل دره‌های رودخانه‌ای و زمین‌های شیب‌دار هستند. (آبای[4] و همکاران، ۲۰۱۹) به ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از AHP در اتیوپی پرداخته نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سنگ‌شناسی، نزدیکی به گسل، شیب، کاربری اراضی و ارتفاع نقش مهمی در وقوع زمین‌لغزش‌ها دارند. (سارولی[5]، ۲۰۰۱) با استفاده از روش رگرسیون خطی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در کره جنوبی پرداخته است، لایه‌های اطلاعاتی مورداستفاده در این پژوهش شامل شیب، جهت شیب، ضخامت خاک، فاصله از آبراهه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی هستند که پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی و مطابقت آن با پراکندگی لغزش‌ها مشخص‌شده این روش نتایج نسبتاً مناسبی را ارائه داده است. (چون هنگ وو و سوچین چن[6]، ۲۰۰۹)، در تایوان دلایل انواع زمین‌لغزش‌ها را بررسی کرده و به این نتیجه رسیده است که فعالیت‌های مانند ساخت جاده و از همه مهم‌تر شیب دامنه و بارندگی ازجمله مهم‌ترین عوامل در ایجاد حرکات توده‌ای می‌باشند. هدف از این پژوهش اولویت‌بندی و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مؤلفه‌های یادشده در سطح شهرستان باغملک است.

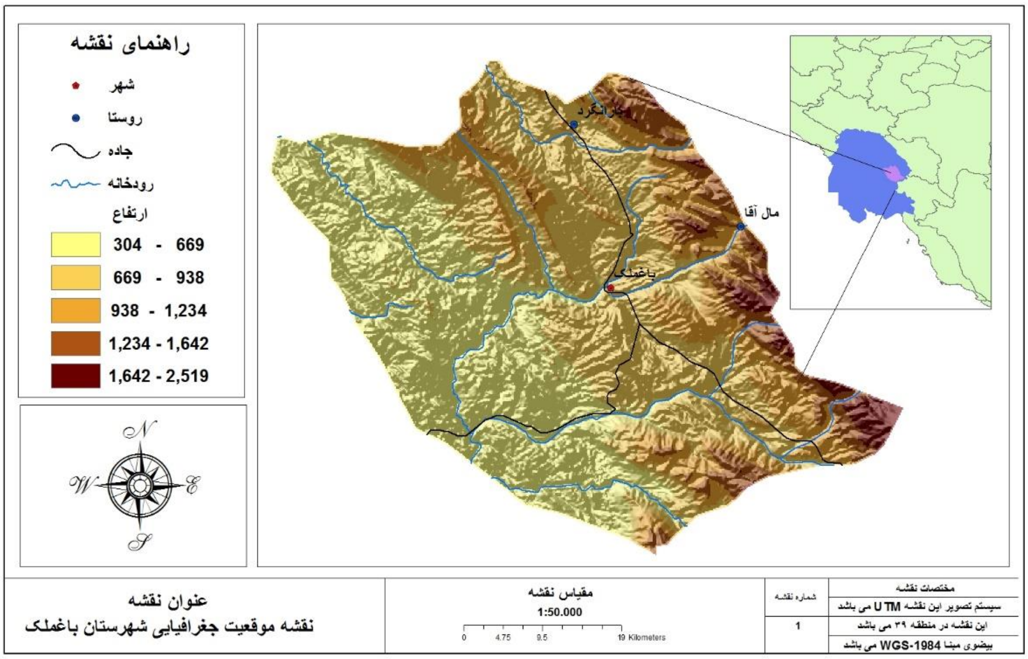
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-موقعیت محدوده موردمطالعه

شهرستان باغملک یکی از شهرستان‌های شرقی استان خوزستان است که دارای مساحتی در حدود ۲.۲۵۹ کیلومترمربع است. این شهرستان ازنظر جغرافیایی در ٤۹ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۱ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۹۱۷ متری از سطح دریا واقع‌شده است. بیشترین ارتفاع شهرستان بیش از ۲۵۰۰ متر است و کمترین آن ۳۰٤ متر است. بیشترین زمین‌های شیب‌دار منطقه در اراضی کوهستانی است و زمین‌های هموار منطقه

1 Yoshimatsu & Abe
2 Yalcin & et al
3 El jazouli
4 Abay
5 Saro lee & kyungduck Min
6 Chun-Hung we,Su-Chin Chen

نیز در قسمت‌های جنوب غرب و غرب شهرستان است. تعدادی از رودخانه‌های این منطقه فصلی و تعدادی نیز به‌صورت دائمی می‌باشند که یکی از رودخانه‌های دائمی این شهرستان رودخانه ابوالعباس است. اقلیم شهرستان نیز از نیمه‌خشک تا نیمه مرطوب است؛ این مسئله خود باعث تنوع در شرایط آب و هوایی و همچنین خاک و پوشش گیاهی شده است (لجم اورک و همکاران، ۱۴۰۰). شکل ۱ موقعیت منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت محدوده موردمطالعه

۲-۲- روش و مواد پژوهش

در این پژوهش، روش تحقیق توصیفی- تحلیلی بوده و از داده‌های مرتبط باهدف پژوهش و حاصل پژوهش‌های دیگر محققان نیز استفاده‌شده است. در فرایند تحقیق از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده‌شده است. در یک تعریف کلی روش AHP یک روش کمی و کیفی است که بر اساس نظر خِبرگان و سپس امتیازدهی به‌صورت ماتریس مقایسات زوجی که در رابطه با نظرات و کارشناسی‌های خِبرگان برای هر یک از معیارها است، انجام‌شده؛ این امتیازدهی بر اساس جدول کمیتی ساعتی است. (اصغر پور،۱۳۹۲). روش AHP یکی از مدل‌هایی است که معیارهای تصمیم‌گیری را به‌صورت سلسله مراتبی بررسی کرده، به‌گونه‌ای که معیارهای هر سطح نسبت به عوامل مربوط به خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه شده و درنهایت وزن مربوط به هر معیار به دست خواهد آمد. در این مقایسات تصمیم‌گیرنده از قضاوت‌های شفاهی که بر اساس جدول کمیتی ساعتی است، برای امتیازدهی به

معیارها اســتفاده می‌کند؛ این قضــاوت‌ها از اهمیت برابر تا کاملاً بااهمیت و مهم می‌باشــند (شــادفر، ۱۳۸٦). اطلاعات به‌دست‌آمده در قالب امتیاز و سپس وزن، برای معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش نمایش داده می‌شوند. درنهایت با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، وزن‌های مربوطه را به لایه‌های متناسب با آن‌ها نسبت داده و نقشــهٔ نهایی پهنه‌بندی شــده که گویای مناطق مســتعد زمین‌لغزش اســت، به دســت خواهد آمد. برای دســت‌یابی به داده‌های موردنیاز، منابع اطلاعاتی در رابطه با منطقه موردمطالعه بررســی‌شــده و ســپس عواملی که در ایجاد زمین‌لغزش‌ها در منطقه مؤثر بوده‌اند شناسایی و نقشه‌هایی متناسب با آن‌ها ساخته‌شده است. این عوامل شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، بارندگی، گسل، جاده، شبکه زهکش، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی می‌باشند. علاوه بر لایه‌های مذکور از مدل رقومی ارتفاعی (DEM[1])به‌عنوان پلیه کار و از نقشــه‌های زمین‌شــناســی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برای تهیه نقشهٔ زمین‌شناســی و گسل شناســی منطقه اســتفاده‌شــده اســت. جدول ۱ وضعیت ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم درروش (AHP) را نشان می‌دهد.

جدول ۱-وضعیت ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم (قدسی پور، ۱۳۸۸)

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهم‌تر	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	مهم‌تر	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است.
۷	خیلی مهم‌تر	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص مطلقاً i از j مهم‌تر و قابل‌مقایسه با j نیست.
۲ و ٤ و ٦ و ۸		ارزش‌های میانی بین ارزش‌های ترجیحی را نشان می‌دهد مثلاً ۸ بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای i است.

برای انجام پهنه‌بندی زمین‌لغزش به روش AHP، پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و امتیازدهی به آن‌ها بر اســاس جدول ۱، وزن نســبی هر یک از معیارها را می‌توان با توجه به رابطه ۱ به دســت آورد، به این‌گونه که ابتدا باید مقادیر ماتریس مقایسات زوجی را به‌صورت ستونی جمع کرده و در مرحله بعد هر یک از معیارها را بر جمع ستونی تقسیم نموده با این کار ماتریس موجود نرمالایز شده است. در مرحله بعد با توجه به رابطه ۲ می‌توان میانگین هر یک

1 Digital elevation model

از سطرهای ماتریس نرمال شده را به‌صورت میانگین حسابی محاسبه کرد و درنهایت وزن هر یک از معیارها را به دست آورد.

رابطه ۱: $rij= aij/\sum_{i=1}^{m} aij$.

رابطه ۲: $wi= \sum_{i=1}^{n} rij/n$

در رابطه ۱، m تعداد ستون ماتریس مقایسات، aij درایه‌های ماتریس مقایسات زوجی و در رابطه ۲، n تعداد سطرهای ماتریس، rij درایه‌های ماتریس نرمال شده به ازای گزینه i آم و شاخص j آم و wi وزن گزینه i آم است.

یکی از مواردی که در رابطه با روش AHP برای انجام یک کار پژوهشی عنوان می‌شود، نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی است. چنانکه بر طبق نظر ساعتی اگر این نرخ ناسازگاری ماتریس بیشتر از ۰/۱ باشد باید در امتیازات موردنظر تجدیدنظر کرد و اگر این نرخ ۰/۱ یا کمتر باشد نشان‌دهنده دقت امتیازات موجود است (خضری، ۱۳۹۱). برای انجام نرخ ناسازگاری نیز باید از جدول شاخص تصادفی و رابطه‌های زیر استفاده کرد:

رابطه ۳: II=max-n/n-1

رابطه ٤: IR=II/IRI

در روابط ۳، max مقدار ویژه حاصل از ماتریس، n تعداد گزینه‌های موجود در مسئله و ۱ عدد ثابت در معادله. در رابطه ٤، IR نرخ ناسازگاری تصادفی، II شاخص ناسازگاری و IRI شاخص تصادفی ناسازگاری است. جدول ۲ شاخص تصادفی را نشان می‌دهد.

جدول ۲-شاخص تصادفی (قدسی پور، ۱۳۸٤)

N	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
I.R. I	۰	۰	۰/٥۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲٤	۱/۳۲	۱/٤۱	۱/٤٥	۱/٥۱

۲-۳-ابزارهای پژوهش

نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، یکی از ابزارهایی است که می‌توان با استفاده از آن، داده‌های خام را به نقشه‌ها تبدیل کرد و همچنین می‌توان با استفاده از توابع موجود در آن، هر یک از وزن‌های به‌دست‌آمده درروش

تحلیل فرایند سلسله مراتبی را به لایه‌های موردنظر نسبت داد و درنهایت آن‌ها را همپوشانی کرد. نرم‌افزار[۱] expert choice نیز یکی از نرم‌افزارهای کاربردی جهت مشخص کردن وزن هر یک از معیارها با توجه به امتیازات داده‌شده به معیارها درروش AHP است. این نرم‌افزار قابلیت انجام تمام مراحل وزن گیری شامل تشکیل ماتریس امتیازدهی، نرمالایز کردن، وزن دهی و به دست آوردن نرخ ناسازگاری را به روش AHP دارد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-نتایج

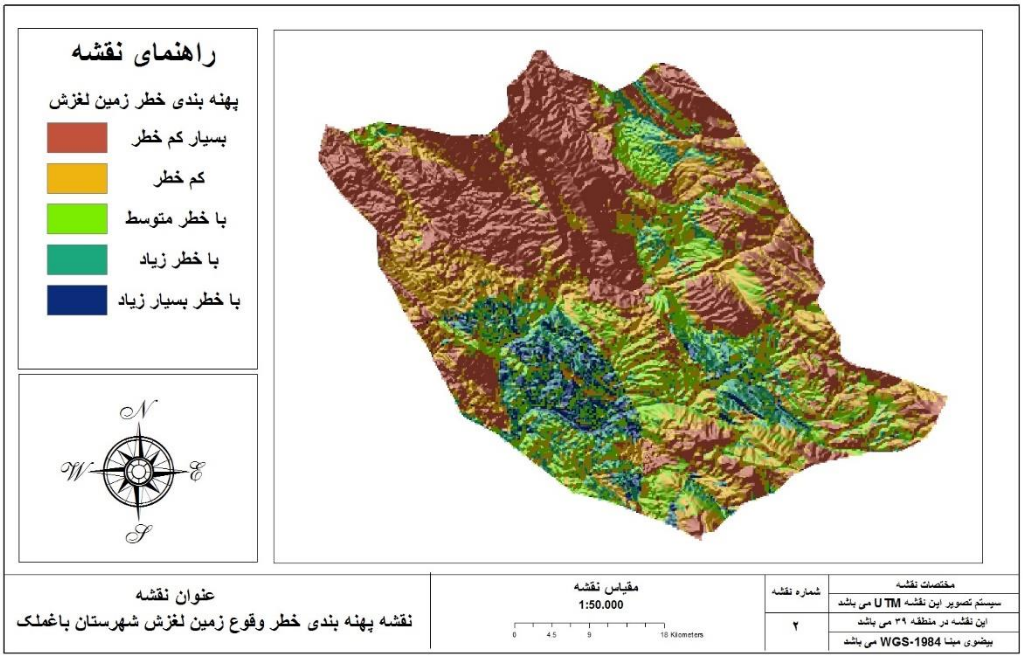
با توجه به وزن‌های به‌دست‌آمده برای هر یک از عوامل موجود، مشخص‌شده است که عامل شیب با وزن ۰/۱۳۵ بیشترین تأثیر را بر روی رخداد زمین‌لغزش داشته و بعدازآن جنس زمین با وزن ۰/۱۲۶ در رتبه دوم قرار دارد. شبکه آب‌های سطحی با توجه به تراکم و عملکرد خود با وزن ۰.۱۲۱ سومین عامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش شناسایی‌شده است. ارتفاع، بارندگی، کاربری اراضی و گسل، با وزن‌های ۰.۱۱۶–۰.۱۱۲ – ۰.۱۰۶ و ۰.۱۰۰ به ترتیب در رتبه‌های بعدی ازنظر میزان اهمیت در رخداد زمین‌لغزش قرار دارند؛ جهت شیب و جاده نیز با وزن ۰/۰۸۸ و ۰.۰۹۶ کمترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش داشته‌اند. نرخ ناسازگاری ماتریس نیز ۰.۰۰۲۸۶ است. جدول ۳ وزن معیارها در نرم‌افزار expert choice را نشان می‌دهد.

جدول۳- وزن معیارها محاسبه‌شده در نرم‌افزار expert choice

ردیف	معیار	وزن
۱	شیب	۰.۱۳۵
۲	زمین‌شناسی	۰.۱۲۶
۳	شبکه زهکش آب	۰.۱۲۱
٤	ارتفاع	۰.۱۱٦
٥	بارندگی	۰.۱۱۲
٦	کاربری اراضی	۰.۱۰٦
۷	گسل	۰.۱۰۰
۸	جهت شیب	۰.۰۹٦
۹	جاده	۰.۰۸۸

۱ انتخاب خِبرگان

با به دســت آمدن وزن هر یک از عوامل ۹ گانه و تولید نقشــه‌هایی به‌تناســب هر یک از عوامل، لایه‌های وزن‌دار شده نیز بر اساس نسبت دادن وزن هر یک از مؤلفه‌های موجود به لایه‌های مربوط به خود، تولیدشده است. درنهایت به‌وسـیلهٔ همپوشـانی لایه‌ها وزن‌دار شـده در نرم‌افزار سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی نقشـه پهنه‌بندی شـده خطر وقوع زمین‌لغزش به‌دست‌آمده است. شکل ۲ و جدول ٤ به ترتیب نقشه پهنه‌بندی شدهٔ خطر وقوع زمین‌لغزش و مساحت طبقات پهنه‌بندی شده زمین‌لغزش را در منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی شده خطر وقوع زمین‌لغزش

جدول ٤- مساحت و درصد مساحت طبقات پهنه‌بندی شده زمین‌لغزش درروش AHP

ردیف	نام طبقه	مساحت (KM2)	درصد مساحت (٪)
۱	بسیار کم‌خطر	۹۰۹.٤۷	٤۳.۲٥
۲	کم‌خطر	٥٥۳	۲٦.۲۹
۳	متوسط	۳٥۳.۳۸	۱٦.۸۰
٤	با خطر زیاد	۲۰۲.٥۲	۹.٦۳
٥	با خطر بسیار زیاد	۸٤.۳۲	٤.۰۱

۳-۲-بحث

۳-۲-۱- فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)

در این پژوهش، از ۹ مؤلفه شامل شیب، زمین‌شناسی، شبکه زهکش آب، ارتفاع، بارش، کاربری ارضی گسل، جهت شیب و راه ارتباطی که بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش در منطقه داشته‌اند استفاده‌شده است. پس از بررسی میزان تأثیر هرکدام از عوامل تأثیرگذار بر وقوع زمین‌لغزش و با در نظر گرفتن خصوصیات عوامل ۹ گانه، امتیازدهی به آن‌ها بر اساس مؤثر بودن در وقوع زمین‌لغزش بر طبق نظر خبِرگان درروش فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام‌شده است. مبنای این امتیازدهی بر اساس تأثیرگذاری هر یک از پدیده‌ها در رخداد زمین‌لغزش است. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی و متناسب با آن، امتیازات به‌دست‌آمده در نرم‌افزارExpert choice، امتیازات نرمالایز شده و درنهایت وزن هر یک از عوامل، با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار یادشده، محاسبه‌شده است و اوزان نهایی نیز در جدول ۳ نمایش داده‌شده است. جدول ۵ فرایند امتیازدهی به عوامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش بر اساس اولویت برای هر یک از معیارها را نشان می‌دهد.

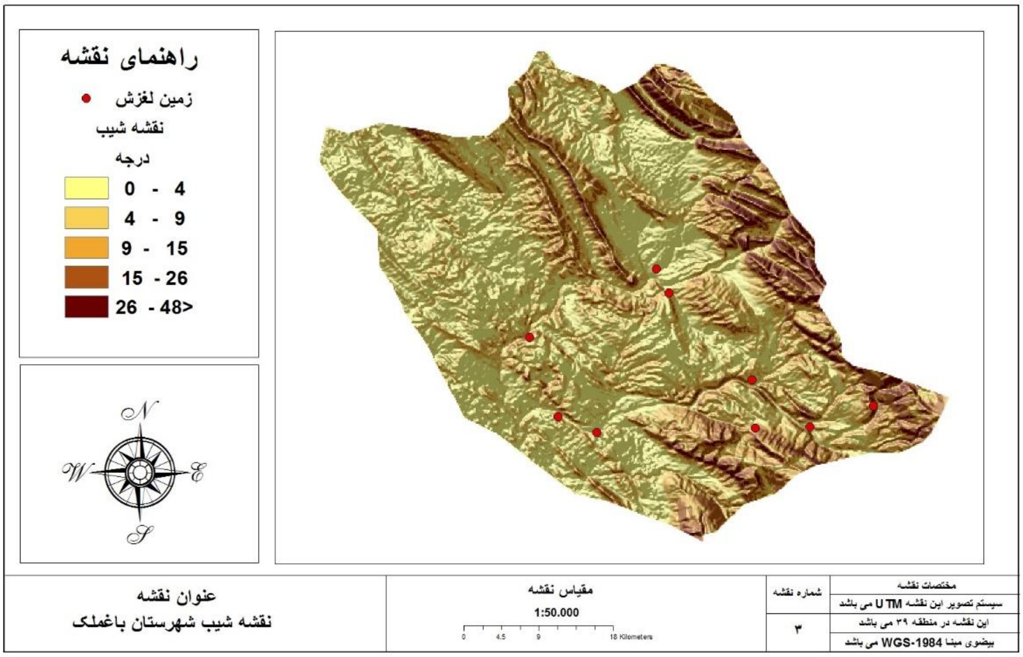
جدول ۵- امتیازدهی به عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

جاده	جهت شیب	گسل	کاربری اراضی	بارندگی	ارتفاع	شبکه زهکش	زمین‌شناسی	شیب	معیارها
۱.۳۷	۱.۲۳	۱.۳۲	۱.۲۹	۱.۲۵	۱.۲۲	۱.۲۰	۱.۱۷	۱	شیب
۱.۳۰	۱.۲۶	۱.۲٤	۱.۲۲	۱.۱٤	۱.۱۹	۱.۱۷	۱	–	زمین‌شناسی
۱.۳۱	۱.۲۵	۱.۲۳	۱.۱٤	۱.۱۹	۱.۲۱	۱	–	–	شبکه زهکش
۱.۲٦	۱.۲۱	۱.۲٤	۱.۲۲	۱.۲۰	۱	–	–	–	ارتفاع
۱.۲۷	۱.۲۵	۱.۲٤	۱.۲۲	۱	–	–	–	–	بارندگی
۱.۲۸	۱.۲۵	۱.۲۱	۱	–	–	–	–	–	کاربری اراضی
۱.۲۷	۱.۲٤	۱	–	–	–	–	–	–	گسل
۱.۲۸	۱	–	–	–	–	–	–	–	جهت شیب
۱	–		–	–	–	–	–	–	جاده

۳-۲-۲-تحلیل مؤلفه‌ها بر اساس اولویت

۳-۲-۲-۱- شیب

لایه شیب منطقه موردمطالعه در ۵ طبقه به درجه، تقسیم‌بندی شده است. با توجه به وزن‌های به‌دست‌آمده مشخص‌شده است که عامل شیب با وزن ۰.۱۳۵ بیشترین تأثیر را در رخداد زمین‌لغزش داشته است. بامطالعه و بررسی نقاط زمین‌لغزش و لایه شیب منطقه مشخص‌شده است که شیب‌های بین ۰ تا ۱۵ درجه مناطقی هستند که بیشترین تعداد زمین‌لغزش‌ها در آن محل رخ‌داده است. این شیب‌ها به سبب نوع رسوبات، الگوی شبکه آب‌های سطحی و پوشش گیاهی، حساسیت بیشتری نسبت به زمین‌لغزش دارند. تنها مقدار کمی از نقاط زمین‌لغزش در منطقه کوهستانی و در دیواره کوهستان رخ‌داده است. شکل ۳ میزان شیب شهرستان باغملک را نشان می‌دهد.

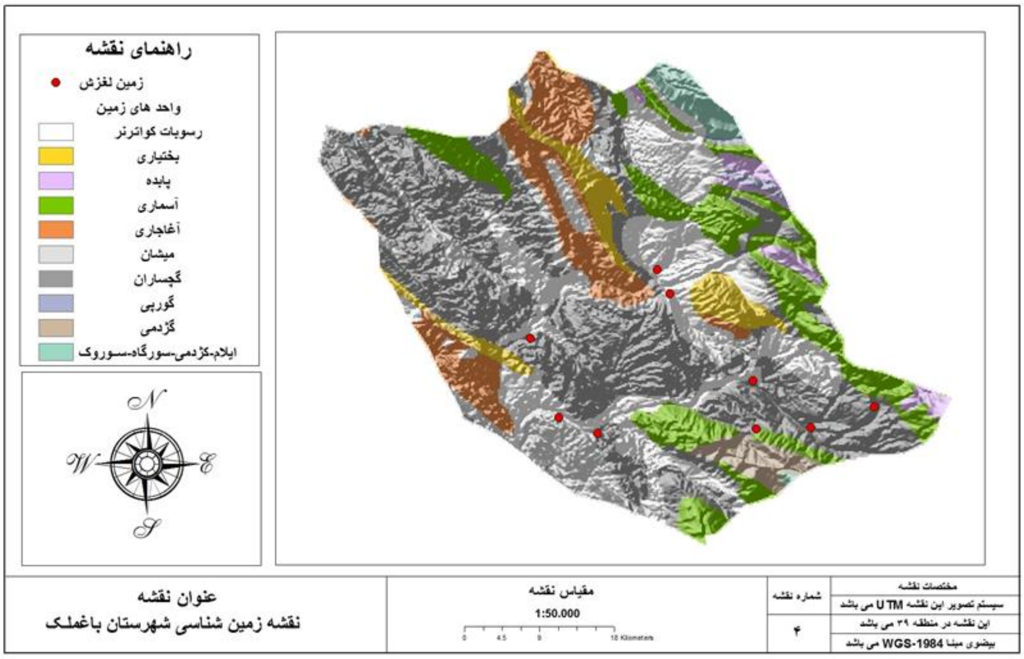


شکل ۳- نقشه شیب

۳-۲-۲-۲-زمین‌شناسی

نقشه زمین‌شناسی شهرستان باغملک در ۱۰ طبقه و شامل سازندهای بختیاری، گورپی، آسماری، آغاجاری، گژدمی-ایلام-سورگاه-سوروک، میشان، گچساران، پابده، رسوبات کواترنر و کژدمی می‌باشند. با توجه به وزن به‌دست‌آمده عامل سازند زمین‌شناسی با وزن ۰.۱۲۶ در رتبه دوم اهمیت قرار دارد. به‌مانند نقشه شیب، با مقایسه نقشه زمین‌شناسی با نقاط زمین‌لغزش منطقه مشخص‌شده است که رسوبات کواترنر و سازند گچساران بیشترین حساسیت

را نسبت به زمین‌لغزش‌ها داشته‌اند چراکه تمام زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در این دو سازند هستند. در این میان سازند گچساران به سبب نوع رسوبات خود که شامل گچ، نمک و مارن های قرمز و خاکستری است، نسبت به رسوبات کواترنری حساسیت بیشتری را نشان داده است. ضخامت رسوبات کواترنر در منطقه موردمطالعه نیز متفاوت بود و بیشترین زمین‌لغزش‌ها هم در اطراف مجرای شبکه آب‌ها و یا در مکان‌هایی است که شبکه آب‌های سطحی مقداری رسوب را در مجرا یا اطراف خود به‌جای گذاشته که پیوند و مقاومت این رسوبات با توجه به ماهیت آن‌ها کم بود و مستعد وقوع زمین‌لغزش هستند. شکل ٤ سازندهای زمین‌شناسی شهرستان باغملک را نشان می‌دهد.

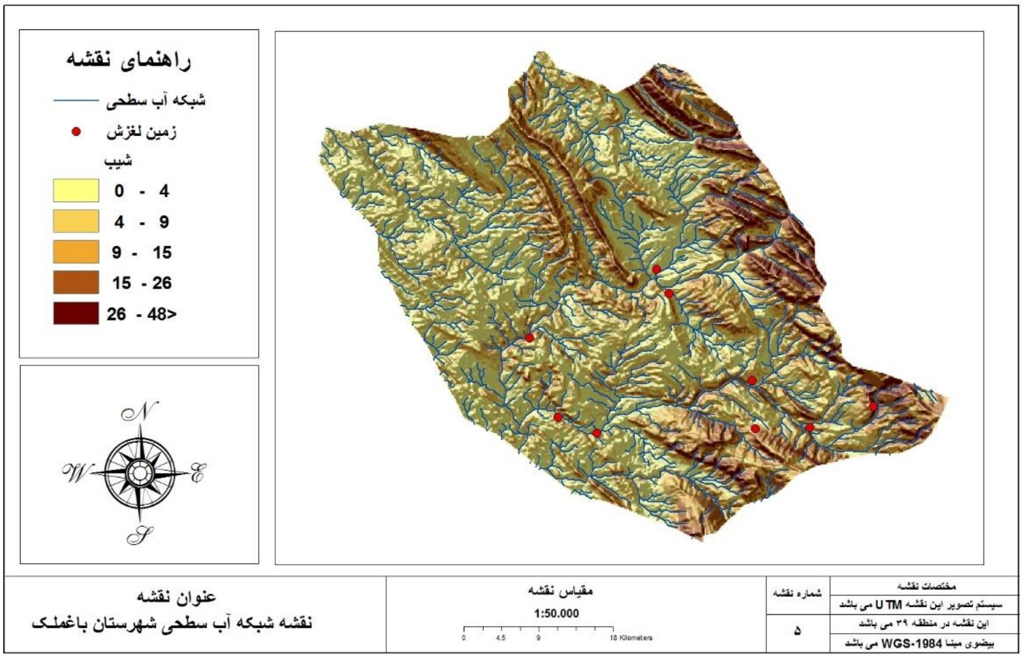


شکل ٤- سازندهای زمین‌شناسی

۳-۲-۲-۳- شبکه آب‌های سطحی

شبکه سطحی آب یکی دیگر از مؤلفه‌های مهم در رخداد زمین‌لغزش در این پژوهش است. با توجه به نقشه شبکه آب‌های سطحی منطقه، مشخص‌شده است که شبکه آب‌ها به شکل پراکنده‌ای در سطح منطقه وجود دارند و همین عامل باعث تحریک بیشتر مواد بر روی دامنه شده و علاوه بر اینکه حساسیت دامنه را برای زمین‌لغزش بیشتر می‌کند، باعث زمین‌لغزش نیز می‌شود. با مقایسه نقاط زمین‌لغزش و نقشه شبکه آب‌ها مشخص‌شده است که همهٔ نقاط زمین‌لغزش در منطقه با شبکه آب‌ها در ارتباط بوده و شبکه آب با حرکت خود بر روی سطح دامنه باعث وقوع زمین‌لغزش شده است. وزن به‌دست‌آمده در فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای شبکه آب‌های سطحی ۰.۱۲۱ است که

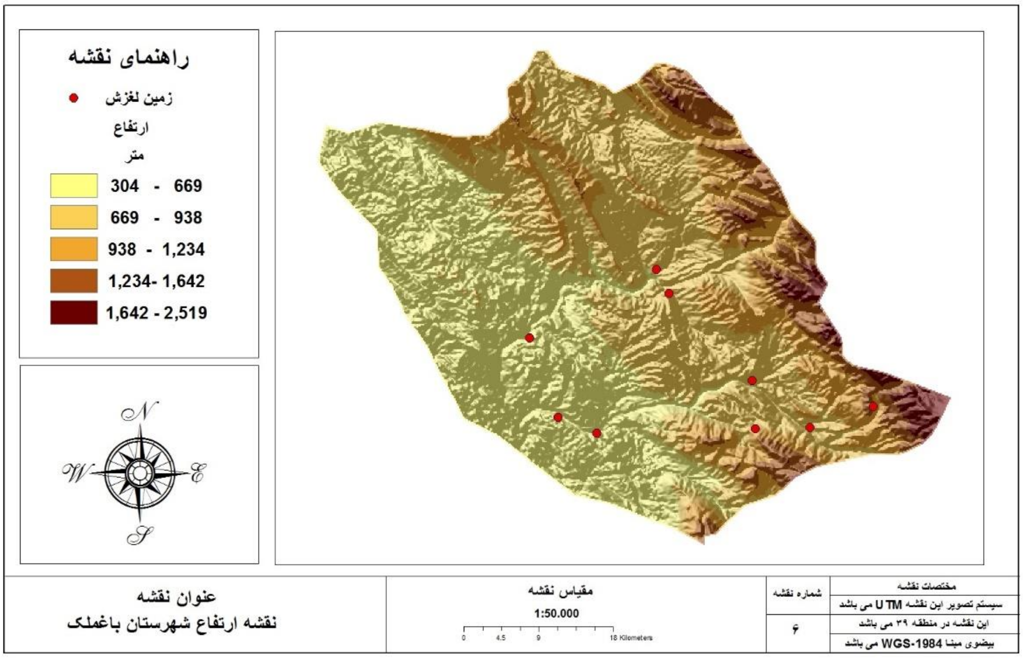
در رتبه سـوم قرار دارد. این مؤلفه در کنار عواملی مثل شـیب و جنس زمین از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در وقوع زمین‌لغزش شناخته‌شده‌اند. شکل ۵ شبکه آب‌های سطحی شهرستان باغملک را نشان می‌دهد.



شکل ۵- شبکه سطحی آب

۳-۲-۲-٤- ارتفاع

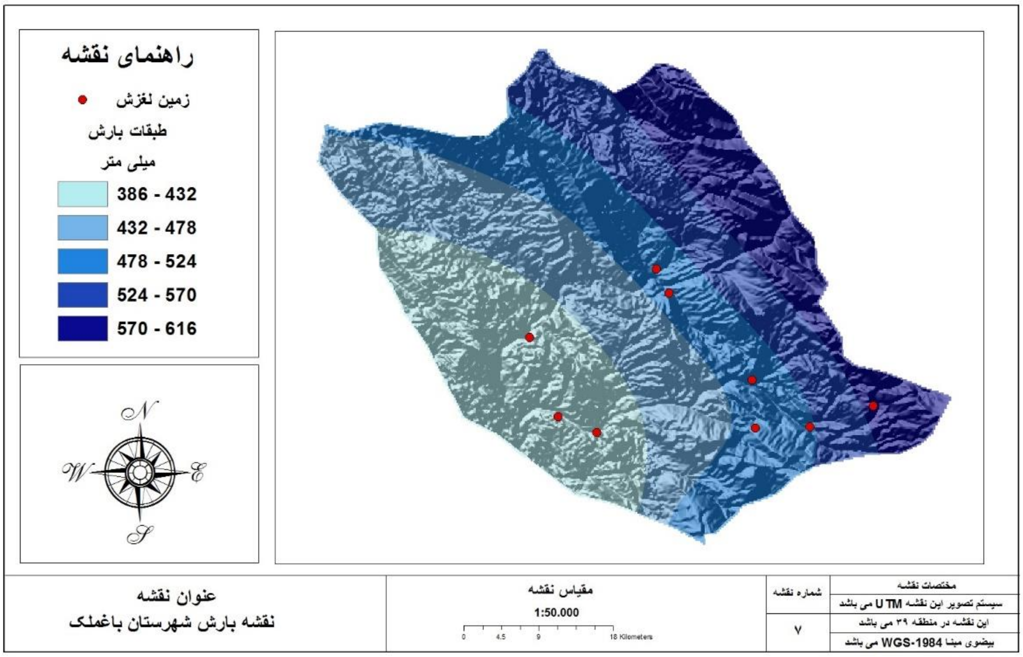
لایه ارتفاع در ۵ طبقه از ۳۰٤ متر تا ۲۵۱۹ متر اسـت. بیشـترین ارتفاع در مناطق شـرقی شـهرسـتان و کمترین آن در قسـمت‌های غرب و جنوب غربی منطقه قرار دارند. تأثیر ارتفاع در رخداد زمین‌لغزش بسـیار بااهمیت بوده اسـت. با بررسی منطقه موردنظر و نقاط زمین‌لغزش در منطقه مشخص‌شده است که بیشترین زمین‌لغزش‌های رخداده در ارتفاع ٦٦۰ متر تا بیش از ۹۰۰ متر است و پس‌ازآن ارتفاع ۳۰٤ تا بیش از ٦۰۰ متر بیشترین حساسیت و بیشترین رخدادهای زمین‌لغزش را داشته است. در ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر زمین‌لغزش‌های کمی رخداده است که می‌تواند به علت جنس زمین در این قسمت از منطقه باشد که بیشتر از صخره‌های سنگی تشکیل‌شده است؛ این مکان‌ها بیشتر مناطق دارای استعداد ریزش هستند. وزن به‌دست‌آمده برای ارتفاع منطقه ۰.۱۱٦ است که متناسب بااهمیت این مؤلفه و نقشی که در وقوع زمین‌لغزش دارد است، بنابراین در رتبه چهارم اهمیت قرار می‌گیرد. شکل ٦ سطوح ارتفاعی در شهرستان باغملک را نشان می‌دهد.



شکل ٦- میزان ارتفاع

۳-۲-۲-۵- میزان بارندگی

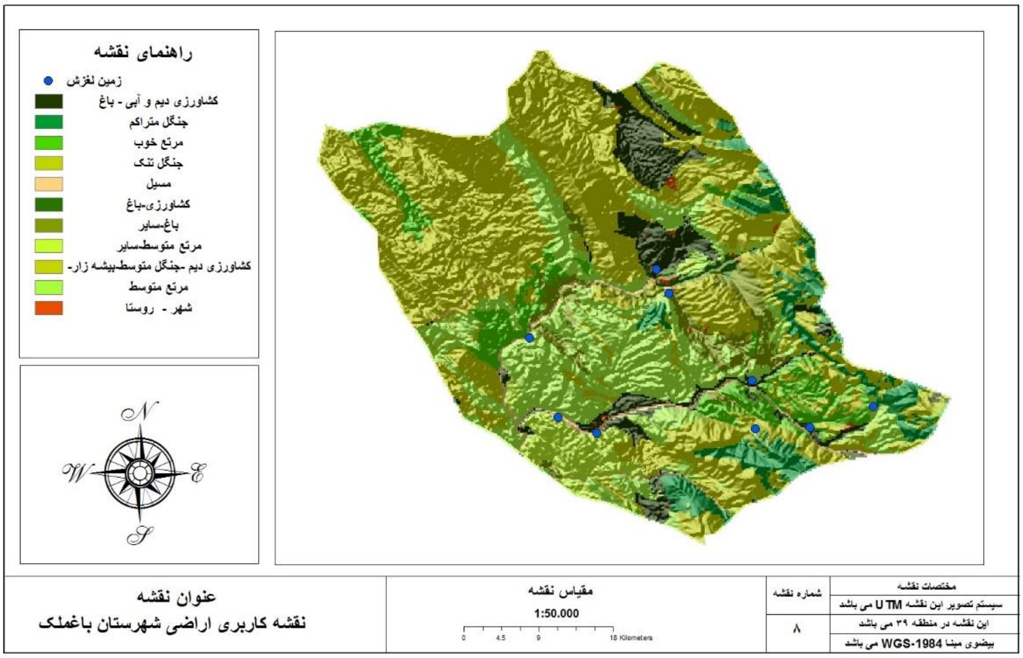
لایه بارندگی منطقه موردنظر به ٥ طبقه تقسیم‌شده که میزان بارش از ٣٨٦ میلی‌متر در غرب شهرستان تا ٦٦١ میلی‌متر در مناطق شرقی و شمال شرقی متغیر است. مقایسه موقعیت نقاط زمین‌لغزش و لایه مربوط به میزان بارش در منطقه موردنظر نشان می‌دهد که بیشترین زمین‌لغزش‌های رخ‌داده شده در طبقاتی با ٤٧٨ تا بیش از ٥٠٠ میلی‌متر و پس‌ازآن طبقه ٣٨٦ تا بیش از ٤٠٠ میلی‌متر بوده است. در وقوع زمین‌لغزش در این دوطبقه بارشی عوامل یادشده پیشین مانند شیب، جنس زمین، فعالیت شبکه آب‌ها و دیگر موارد اثر خود را گذاشته و باعث به وجود آمدن زمین‌لغزش شده است. لایه بارندگی با وزن ٠.١١٢ در بین عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در رتبه پنجم قرار دارد. شکل ٧ میزان بارش در شهرستان باغملک را نشان می‌دهد.



شکل ۷- میزان بارش

۳-۲-۲-۶-کاربری اراضی

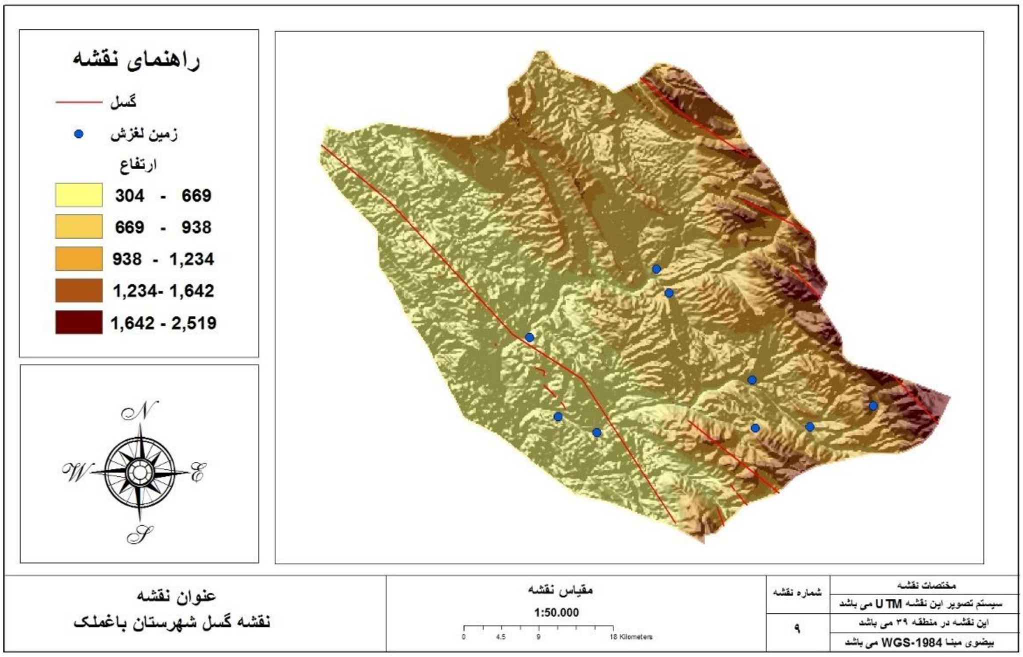
نقشه کاربری اراضی منطقه موردمطالعه در ۱۱ طبقه، بخش‌بندی شده است. طبقات کاربری اراضی شامل کشاورزی‌های دیم و آبی، باغ، جنگل انبوه و تنک، مرتع ضعیف و خوب، مسیل، بیشه‌زار و منطقه شهری و روستایی است. با توجه به پراکندگی نقاط زمین‌لغزش منطقه و مقایسه آن‌ها با نقشه کاربری اراضی مشخص‌شده است که بیشترین کاربری‌هایی که مستعد زمین‌لغزش بوده و باعث حساسیت دامنه‌ها به زمین‌لغزش شده است شامل مراتع و مسیل، باغات و زمین‌های کشاورزی آبی می‌باشند و مابقی کاربری‌ها در وقوع این پدیده در این منطقه نقش کمرنگ‌تری را داشته‌اند. کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در رابطه با رخداد زمین‌لغزش است؛ چراکه نشان‌دهنده ماهیت پوشش و کاربری سطح زمین است. کاربری اراضی با وزن ۰.۱۰۶ در رتبه ششم قرار دارد. شکل ۸ کاربری اراضی منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۸- کاربری اراضی

۳-۲-۲-۷-گسل

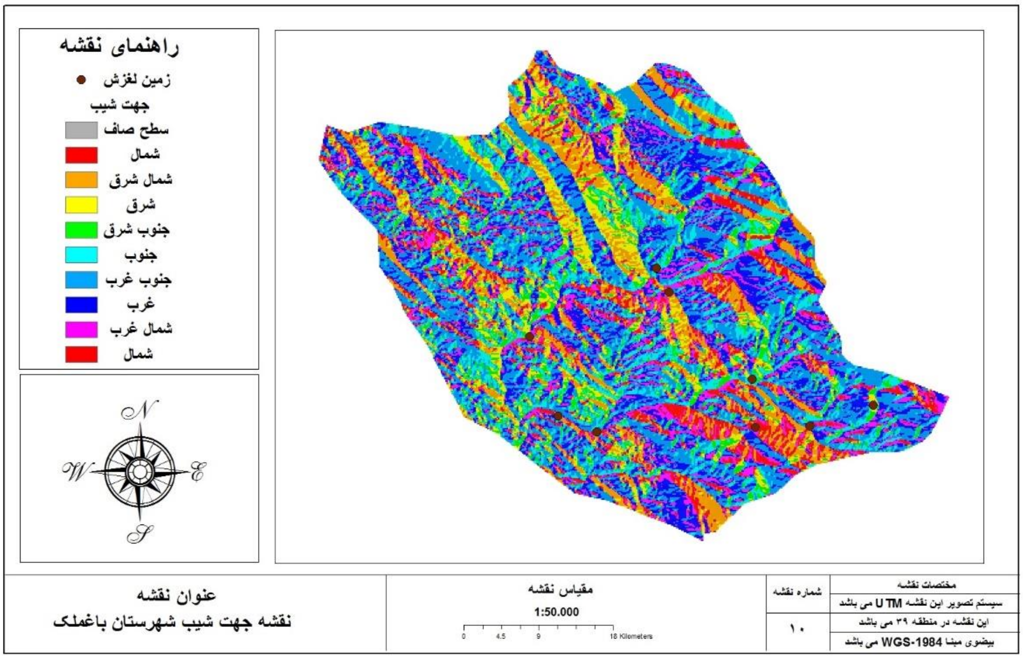
نقشه گسل شهرستان نشان‌دهنده تأثیر گسل بر وقوع زمین‌لغزش است. اهمیت گسل‌ها در رخداد زمین‌لغزش‌ها زیاد بوده چراکه حرکات ناشی گسل باعث تحریک موارد روی دامنه می‌شوند. گسل یک مخاطره است که ساخت‌وسازها را تهدید می‌کند، بنابراین مطالعه پراکندگی گسل‌ها در رابطه با شناسایی مناطق مناسب برای ساخت‌وسازهای شهری و روستایی از اهمیت خاصی برخوردار است (نصیری گله خانه و همکاران، ۱۳۸۵). در این پژوهش با توجه به خصوصیات گسل‌ها ازنظر فعال بودن و همچنین موقعیت گسل‌ها در منطقه موردمطالعه نقشه گسل تهیه‌شده است. با مقایسه نقاط زمین‌لغزش و نقشه موقعیت گسل‌ها مشخص‌شده است که ارتباط زمین‌لغزش‌ها در غرب و جنوب غرب منطقه با گسل‌ها بیشتر از سایر نقاط منطقه است. در قسمت‌های شرقی منطقه باوجود گسل‌های فراوان، نقاط لغزش بسیار کم است که به دلایلی مانند جنس زمین مربوط می‌شود. با توجه به شواهد مربوطه وزن به‌دست‌آمده برای نقش گسل‌ها ۰.۱۰۰ است که در رتبه هفتم قراردارد. شکل ۹ پراکندگی گسل‌ها را در منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۹- پراکندگی گسل

۳-۲-۲-۸- جهت شیب

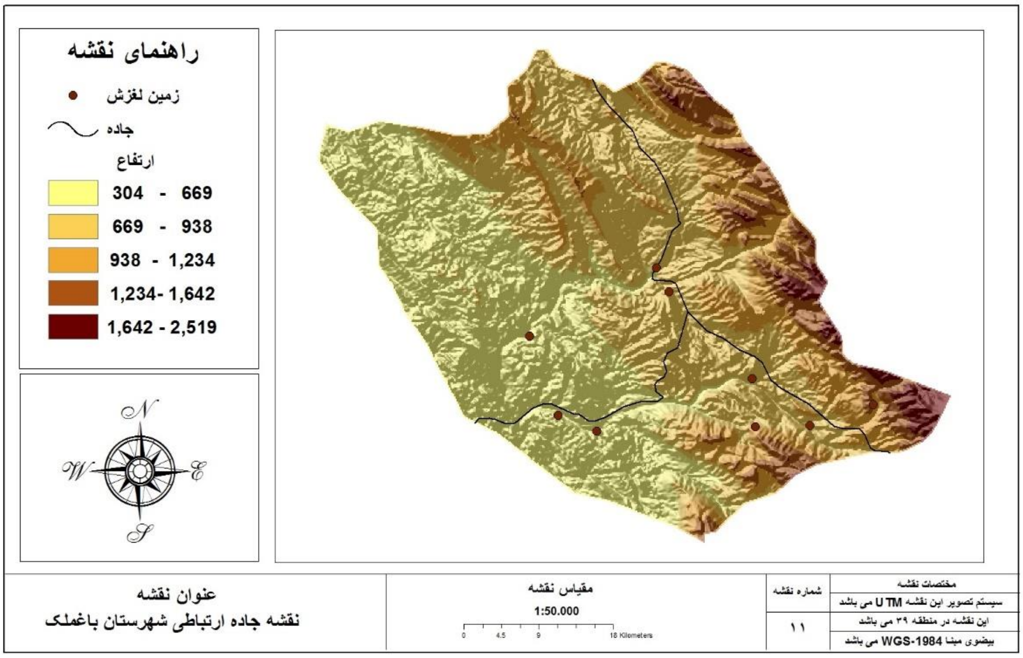
جهت شیب منطقه موردمطالعه در ۸ جهت شامل شمال، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب و شمال غرب تقسیم‌بندی شده است. جهت شیب در منطقه، داری سطوح صاف است که جهت زمین‌های واقع در این مکان علاوه بر این‌که به‌طرف جهات چهارگانه اصلی است به‌طرف جهات فرعی نیز بوده است. جهت شمال در این نقشه با دو درجه نشان داده‌شده که با تبعیت از الگو محاسبه درجه که در جهت عقربه‌های ساعت است، یکی از شمال‌ها با درجه ۰ تا ۲۲.۵ و دیگری از ۳۳۷.۵ تا ۳٦۰، درجه‌بندی‌شده است. جهت شیب با توجه به میزان دریافت نور آفتاب و رطوبت بر روی دامنه‌های شـمالی، جنوبی، شـرقی و غربی و تأثیری که این پدیده در وقوع زمین‌لغزش دارد مهم بوده است. با مقایسه نقاط زمین‌لغزش و نقشه جهت شیب مشخص‌شده است که جهت‌های جنوب غرب، شمال غرب و شمال شرق بیشترین لغزش‌ها را داشته‌اند. وزن به‌دست‌آمده برای جهت شیب درروش فرایند تحلیل سلسله مراتبی ۰.۰۹٦ است که در رتبه هشتم قرارگرفته است. شکل ۱۰ جهت شیب را در منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- جهت شیب

۳-۲-۲-۹- جاده ارتباطی

جاده ارتباطی به‌عنوان آخرین مؤلفۀ مؤثر در وقوع زمین‌لغزش موردبررسی قرارگرفته است.با در نظر گرفتن عرض کم جاده و ارتباط نقاط زمین‌لغزش در منطقه موردمطالعه با جاده مشخص‌شده است که این مؤلفه تأثیر کمی بر روی رخداد زمین‌لغزش داشته است. وقوع این پدیده در قسمت‌هایی از جاده احتمال دارد که در آن منطقه، زیر بری دامنه‌ای ناشی از احداث جاده صورت گرفته است. امتداد جاده در منطقه موردمطالعه علاوه بر موقعیت‌های کوهستانی، در مناطق کم ارتفاع و منطقه دشتی نیز امتدادیافته است. بیشترین حساسیت در رخداد زمین‌لغزش را جاده ارتباطی در مناطقی با ارتفاع بیش از ۶۰۰ متر و با شیب ٤ درجه موجب شده‌اند. وزن به‌دست‌آمده برای تأثیر جاده ارتباطی، ۰.۰۸۸ است که در رتبه نهم قرار دارد. شکل ۱۱ جاده ارتباطی را در منطقه موردمطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۱۱- جاده ارتباطی

نقشه‌های تهیه‌شده برای مؤلفه‌های ۹ گانه، در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیا، کلاس‌بندی شده و به سبب کلاس‌بندی انجام‌شده برای هر یک از آن‌ها، نقشه‌ها وزن را به‌تناسب امتیاز کلاس دریافت نموده که با همپوشانی نقشه‌های وزن‌دار شده در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی شده خطر وقوع زمین‌لغزش به‌دست‌آمده است. بر طبق جدول ۳ بیشترین وزن را عامل شیب داشته و کمترین وزن را جاده ارتباطی کسب کرده است. با توجه به جدول ٤ مشخص‌شده است که مناطقی با خطر بسیار زیاد ٤.٠١ درصد از سطح منطقه را به خود اختصاص داده است و همچنین مشخص‌شده است که مناطقی با خطر بسیار کم ٤٣.٢٥ درصد از شهرستان را شامل شده که نشان از حساسیت کم منطقه نسبت به زمین‌لغزش است. با تجزیه‌وتحلیل شکل ۲، مشخص‌شده است که بیشترین مناطقی که نسبت به زمین‌لغزش حساسیت دارند در قسمت‌های جنوب غرب شهرستان قرار دارند و کم‌خطرترین مناطق شهرستان نیز در قسمت‌های شمال غربی و شمالی می‌باشند.

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه‌وتحلیل اطلاعات مربوط به وقوع زمین‌لغزش در منطقه موردمطالعه، مشخص‌شده است که عامل شیب با وزن ۰.۱۳۵ بیشترین میزان تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش‌ها در منطقه داشته است به‌گونه‌ای که درشیب‌های ۰ تا ۱۵ درجه، بیشترین میزان از لغزش‌ها رخداده است. کمترین میزان تأثیر را نیز راه

ارتباطی با وزن ۰.۰۸۸ داشته است. راه ارتباطی بیشترین فاصله را با مناطق زمین‌لغزش داشته است. دومین عاملی که بیشترین تأثیر را در زمین‌لغزش داشته عامل زمین‌شناسی با وزن ۰.۱۲٦ بوده چنانکه سازند گچساران و رسوبات کواترنری به سبب جنس رسوبات خود، بیشترین نقش را در رخداد این پدیده داشته‌اند. شبکه زهکشی نیز به سبب تراکم و حالت شاخه‌ای شدن به‌عنوان یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار و با وزن ۰.۱۲۱ شناخته‌شده است. تعدادی از زمین‌لغزش‌ها در منطقه نیز در امتداد مجرای رودخانه و به‌عبارت‌دیگر در دیواره‌های مجرا رخ‌داده است و تعدادی دیگر هم در دامنه‌ها و در راستای مسیر شبکه آب روی‌داده است. ازنظر ارتفاعی نیز مناطقی با ارتفاع ۳۰٤ متر تا بیش از ۹۰۰ متر را می‌توان یکی از مناطق حساس جهت وقوع زمین‌لغزش عنوان کرد؛ وزن به‌دست‌آمده برای ارتفاع ۰.۱۱٦ است. تأثیر بارندگی با وزن ۰.۱۱۲ نیز بسیار گویا است به‌طوری‌که بیشترین زمین‌لغزش‌ها در طبقات بارشی ٤۳۲ میلی‌متر تا بیش از ۵۰۰ میلی‌متر بوده که این مسئله با توجه به کاربری اراضی و نوع پوشش منطقه که خود تأثیر زیادی در رخداد زمین‌لغزش دارد و همچنین در رابطه با افزایش دبی شاآخاب ها، بسیار مهم است. با توجه به طبقه‌بندی کاربری اراضی حساس‌ترین کاربری‌ها برای وقوع زمین‌لغزش مراتع تنک، باغات، زمین‌های کشاورزی آبی کنار رودخانه و مسیل بوده است. وزن عامل کاربری اراضی ۰.۱۰٦ بوده است. گسل‌های منطقه نیز با وزن ۰.۱۰۰ تأثیر زیادی در تحریک مواد بر روی دامنه داشته‌اند به‌گونه‌ای که گسل‌ها بیشترین حساسیت را در رسوبات کواترنری و سازند گچساران به وجود آورده‌اند و با توجه به وقوع محتمل زلزله در منطقه، این مورد تأثیر زیادی در حرکات دامنه‌ای دارد. عامل جهت شیب نیز با توجه به نوسانات دمایی منطقه و میزان متغیر رطوبت در دامنه‌های شمالی – جنوبی و شرقی – غربی با وزن ۰.۰۹٦ تأثیر زیادی در وقوع این پدیده داشته است و دامنه‌های مرطوب‌تر با ذخیره رطوبت بیشتر و نور خورشید کمتر استعداد بیشتری برای وقوع زمین‌لغزش دارند. با بررسی نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در شهرستان باغملک مشخص‌شده است که منطقه بسیار کم‌خطر با ٤۳.۲۵ درصد بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است به‌عبارت‌دیگر بخش بزرگی از منطقه فاقد خطر ازنظر زمین‌لغزش است. همچنین منطقه با خطر بسیار زیاد با ٤/۰۱ درصد، کمترین مساحت از منطقه را شامل می‌شود که نشان‌دهنده نقش کم زمین‌لغزش در سطح شهرستان است. مناطق با خطر بالا، بیشتر در دامنه‌هایی با رسوبات سست، بادبزنی و شیب‌دار که شبکه‌های آب به‌صورت شاخه‌ای سطح دامنه را فراگرفته رخ‌داده‌اند. مناطقی که کمترین خطر را ازنظر زمین‌لغزش دارند علاوه بر مناطق کوهستانی، مناطقی از سطوح زمین‌های هموار را نیز شامل شده که در مناطق کوهستانی به دلیل جنس زمین که از تخته‌سنگ‌های مقاوم با شیب زیاد است، زمین‌لغزش‌های زیادی رخ نداده؛ این‌گونه مناطق بیشتر درخطر ریزش می‌باشند. در زمین‌های هموار تنها در دیواره مجرای رودخانه‌ها زمین‌لغزش رخ‌داده است. مشخص‌شده است که بیشترین مناطق حساس به زمین‌لغزش در سطح شهرستان در جنوب غرب و تا حدودی در قسمت‌های شرق و غرب شهرستان است و مناطق با حساسیت بسیار کم نیز در قسمت‌های شمالی و شمال شرقی و شمال غربی

بوده است. از دلایل حساسیت بیشتر در جنوب غرب، غرب و شرق شهرستان، تأثیر شیب دامنه‌ها و شبکه آب‌های سطحی بر روی پیوند سست رسوبات در این منطقه است.

کتابنامه

احمدی، حسن و محمدخان، شیرین؛ ۱۳۸۱. بررسی برخی از عوامل حرکات توده‌ای مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان. منابع طبیعی ایران، دوره ۵۵، شماره ٤، ص٤٥٥-٤٦٤ https://sid.ir/paper/23046/fa

اصغر پور، محمدجواد؛ ۱۳۹۲. تصمیم‌گیری چند معیارها، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ یازدهم

اونق، محمد؛ ۱۳۸۲. مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه نرماب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، صص ۲۹. https://noordoc.ir/thesis/20675

حاتمی فرد، رامین. موسوی، سید حجت. علیمرادی، مسعود؛ ۱۳۹۱. پهنه بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS در شهرستان خرم آباد؛ نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی (مجله پژوهشی علوم انسانیدانشگاه اصفهان)، دوره۲۳، شماره ۳(پیاپی٤٧) ص٤٣-٦٠
https://sid.ir/paper/153197/fa

حق‌شناس، ابراهیم؛ ۱۳۷٤. پهنه بتدی خطر زمین‌لغزش و ارتباط آن با تولید رسوب در منطقه طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۱۳۸
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/c493c8c2834ca329924ea0f3654c81b1

خضری، سعید. میر نظر، جواد. شهابی، همین؛ ۱۳۹۱. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه آبریز پشت تنگ سر پل ذهاب. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷، صص ۵۳-۷۰
https://ensani.ir/fa/article/336466

رنجبر، محسن؛ (۱۳۹۱) عوامل مؤثر در وقوع حرکات توده‌ای در حوضه کرگانرود با استفاده از مدل AHP. نشریه جغرافیا، دوره۱۰، شماره ۳۵، ص ۱۹۵-۲۱۰ https://www.sid.ir/paper/150117/fa

شاد فر؛ صمد. یمانی، مجتبی؛ ۱۳۸٦. پهنه بدی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز جلیسان با استفاده از مدل LNRF. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ٦۲، صص ۱۱-۲۲ https://www.sid.ir/paper/5450/fa

صالحی، محسن، صفامهر، مجید، نصری، مسعود، بور، حسین؛ ۱۳۹٦. تأثیر زمین‌لغزش بر ایمنی راه‌ها و مناطق روستایی در ایران و راهکارهای پایدارسازی آن‌ها (مطالعه موردی: زمین‌لغزش‌های محور ناغان – سد کارون ٤، نشریه مسکن و محیط روستا، دوره ۳٦، شماره ۱۸۵، صص ۷۷-۸۸ https://ensani.ir/fa/article/534822

عبدالخانی، علی و جمالی، علی اکبر؛ ۱۳۸۸. کاربرد GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطرزمین‌لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش(مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد، همایش ژئوماتیک، تهران. https://civilica.com/doc/69785

فیض نیا، سادات، کلارستاقی، عطاالله، احمدی، حسن، احمدی و صفایی، مهرداد؛ ۱۳۸۳. بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌ها و پهنه بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبخیز شیرین رود–سد تجن) منابع طبیعی ایران، دوره ۵۷، شماره ۱، ص۳–۲۲ https://sid.ir/paper/22821/fa

قدسی پور، سید حسین؛ ۱۳۸٤. مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیارها، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ چهارم.

قدسی پور، سید حسین؛ ۱۳۸۸. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ هفتم، تهران

کرم، عبدالامیر؛ ۱۳۸۰. مدل‌سازی کمی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در زاگرس چین‌خورده حوزه آبخیز سرخون - استان چهارمحال بختیاری، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، استاد راهنما فرج‌الله محمودی، دانشگاه تربیت مدرس https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/c52a5f3d2912e4753c07c61304b659fb

لجم اورک، مرتضی؛ ١٤٠٠. تشخیص و رتبه‌بندی عوامل ژئومورفولوژیک موتر در توسعه گردشگری رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه ابوالعباس شهرستان باغملک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، استاد راهنما سیاوش شایان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/3fcdc1757239fc77fdcb2f462e034202

نصیری گله خانه، اکرم، حسین پور، حمید؛ ۱۳۸۵. اثرات محیطی زمین‌لرزه. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت بحران زمین‌لرزه در شهرهای دارای بافت تاریخی، دانشگاه یزد. https://civilica.com/doc/32125

یمانی، مجتبی، حسن پور، سیروس، مصطفایی، ابوالفضل و شادمان رود پشتی، مجید؛ ۱۳۹۱. نقشه پهنه بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز کارون بزرگ با استفاده از مدل AHP در محیط GIS. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی (مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان)، دوره۲۳ شماره ٤ (پیاپی ٤٨)، ص۳۹–٥٦
https://sid.ir/paper393691/fa

Ayalew,L.Yamagishi,H., 2005. The Application of GIS–based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains,central Japan Geomorphology, 65, 15-31 https://link.springer.com/article/10.1007/s100640050066.

Aleotti, P. & Chowdhury, R., 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. Bulletin of Engineering Geology and the environment, 58(1), 21-44.
https:// link.springer.com/ article/ 10.1007/s100640050066.

Aafaf El Jazouli,Ahmad Barakat,Rida Khellouk., 2019. GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in oum Er high basin(Morocco).Geoenviromental Disasters6,articlenumber3,pp1-12https://geoenvironmental-disasters.springeropen.com/articles/10.1186/s40677-019-0119-7

Abay Asmelash, Barbieri Giulio, Woldearegay,Kifle., 2019.GIS-based landslide susceptibility evaluation using analytical hierarchy procsses (AHP) approach: the case of Tarmaber District,Ethiopia,Momona Ethiopian Journal of Scince 11(1), pp 14-36 https:// www. ajol. info/ index.php/mejs/article/view/186815

Chun-Hung we,Su-Chin Chen., 2009.Determining landslide susceptibility in Central Taiwan from and rainfall and six site factors using the analytical hierarchy process method,Geomorpholog112(3-4),190-204
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555x09002335

Li, Y. Ping, M. 2019. A unified Landslide classification system for Loess slopes: a critical review. Geomorphology, vol 340, pp. 67-83. https:// link.springer.com/ article/ 10.1007/ s1006 40050066

Lan H.X., Zhou C.H., Wang L.J., Zhang H.J., Li R.H., 2004) Landslide watershed. Yunnan China, Engineering Geology, 76: 101-128. https://link.springer.com/article/10.1007/s100640050066.

Podvezko, V. Application of AHP technique. Journal of Business Economics and Management - J BUS ECON MANAG, 2009. 10: p. 181-189. https://link.springer.com/article/10.1007/s100640050066.

Saro, Lee, Kyungduck, Min., 2001. Statistical analysis of landslide susceptibility at Yong, Korea.EnvironmentalGeology40,pp1095-1113 https://link.springer.com/article/10.1007/s002540100310

Yalcin,A.Selcuk Reis, Aydinoglu,AC.Yomralioglu,T., 2011. A GIS-dased comparative study of frecuency ratio, analytical hierarchy process,bivariate statistics and logistics regession methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey,volume 85,Issue3 pp274-287 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03418162110002334

Yoshimatsu,H. Abe, S., 2006. A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an analytical hierarchic process method (AHP). Landslides 3 (2) pp 149-158. https://scholar.google.com/scholar?hl=fa